

University of Groningen

Metingen van de geluidsbelasting tengevolge van treinen in de Lodewijkstraat, Groningen.

Meulen van der, Arjen; Steneker, Marloes; Wansbeek, Lotje

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

2000

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Meulen van der, A., Steneker, M., & Wansbeek, L. (2000). *Metingen van de geluidsbelasting tengevolge van treinen in de Lodewijkstraat, Groningen*. s.n.

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

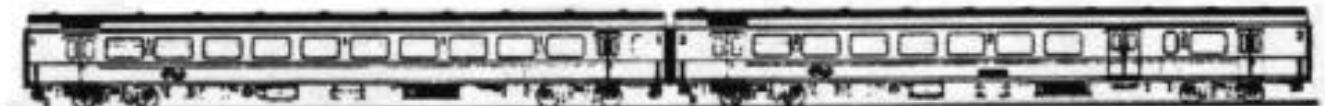
Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

RuG

**METING van de
GELUIDSBELASTING
tengevolge van
TREINEN
in de Lodewijkstraat,
Groningen**



IC. III (IC - 0), 1 eenheid



ICR, 2 eenheden

Meting van de geluidsbelasting tengevolge van treinen in de Lodewijkstraat, Groningen

Arjen van der Meulen

Marloes Steneker

Lotje Wansbeek

Datum: augustus 2000

Uitgavenummer: NWU-99

Aantal blz: 24

Natuurkundewinkel
Rijksuniversiteit Groningen
Nijenborgh 4
9747 AG Groningen
tel: 050 - 3634867

*De Natuurkundewinkel stelt
natuurkundige kennis en vaardigheid
beschikbaar aan niet-kommerciële
(belangen)groepen, door het
verlenen van advies en het
uitvoeren van onderzoek*

Samenvatting

Op verzoek van de Vereniging Bewonersbelangen Lodewijkstraat e.o., in de wijk de Oosterpoort te Groningen, is de geluidsbelasting bepaald tengevolge van treinverkeer langs de Lodewijkstraat.

Er zijn gedurende ongeveer 6½ uur metingen verricht waarbij van elke passerende trein de hoeveelheid geluid (SEL), het equivalente geluidsniveau tijdens de passage (L_{eq}), en het maximum geluidsniveau (L_{max}) werden gemeten. Met deze gegevens kan dan voor elke categorie trein de gemiddelde hoeveelheid geluid per passage worden vastgesteld. Aan de hand van een complete dienstregeling van het betreffende baanvak kan vervolgens berekend worden wat de geluidsoverlast op een willekeurig tijdstip zal zijn.

In de periode dat er werd gemeten bedroeg het equivalente geluidsniveau 68 dB(A). Inclusief de avondtoeslag bedraagt de gemeten geluidsbelasting 's avonds 73 dB(A). De hoogste momentane waarde die gemeten werd (als L_{max}) is 88,5 dB(A).

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	blz. 4
2	Het meten van geluid	5
3	Uitvoering metingen	8
	3.1 Meetapparatuur	
	3.2 Meettijd	
	3.3 Meetlocatie	
	3.4 Meetmethode	
4	Resultaten	10
	4.1 De berekende gemiddelde geluidsdosis per passage (SEL)	
	Invloed van rangeerbewegingen	
	Invloed van de treinlengte	
	Invloed van de afstand tot het spoor	
	4.2 Bepaling van het equivalente geluidsniveau L_{eq}	
	Het L_{eq} tijdens de meetperioden	
	Het L_{eq} volgens het spoorboekje	
	4.3 Het maximale geluidsniveau L_{max}	
5	Conclusies	15
6	Referenties	16
	Dankwoord	
	Appendices	17
	A: Plattegrond van de meetlocatie en de omgeving	
	B: De verschillende treincategorieën	
	C: Het gebruikte meetrapport	
	D: De meetgegevens	

1 INLEIDING

De aanleiding voor dit onderzoek zijn de nieuwbouwplannen van de gemeente Groningen op de Ennam Locatie te Groningen. De gemeente is van plan op deze locatie een flat van ongeveer dertig meter hoog en vijftientig meter breed te bouwen. De bewoners van de aan de andere kant van het spoor gelegen Lodewijkstraat¹ vrezen dat deze hoogbouw de al bestaande geluidsoverlast ten gevolge van railverkeer zal verergeren doordat de gevel van de geplande hoogbouw geluid zal weerkaatsen richting de Lodewijkstraat. Daarom hebben de bewoners van de Lodewijkstraat de Vereniging Bewonersbelangen Lodewijkstraat e.o. opgericht met als hoofddoel: 'het voorkomen van hoogbouw op de voormalige Ennam locatie'². De vereniging heeft contact opgenomen met de Natuurkundewinkel van de Rijksuniversiteit Groningen met de vraag de huidige, feitelijke geluidsbelasting tengevolge van railverkeer in de Lodewijkstraat te onderzoeken.

Het doel van dit onderzoek is het meten van de huidige geluidsbelasting door railverkeer aan de Lodewijkstraat. Om dit te onderzoeken zijn twee metingen verricht van elk ongeveer drie uur. Deze vonden plaats op 4 en 10 mei 2000, op de eerste verdieping van het huis nummer 15 gelegen aan de Lodewijkstraat. Op basis van de metingen is de geluidsbelasting berekend voor een dag- en avondperiode.

¹ Zie plattegrond in appendix A.

² Citaat uit brief dd. 13 maart 2000 van de Vereniging Bewonersbelangen Lodewijkstraat e.o. aan Natuurkundewinkel RUG

2 HET METEN VAN GELUID

Geluid kan gedefinieerd worden als ‘trillingen die het menselijk oor kan detecteren’. Het aantal trillingen per seconde noemt men de frequentie van het geluid, uitgedrukt in hertz (Hz). Het menselijke gehoor heeft normaal gesproken een bereik van 20 tot 20 000 Hz.

Geluid bestaat uit zeer snelle variaties van de luchtdruk. De sterkte van het geluid hangt af van de amplitude van de drukvariaties. Hoe groter de amplitude is, des te sterker het geluid. De geluidssterkte wordt uitgedrukt in pascal (Pa) of micropascal (μPa) en wordt aangeduid met het symbool p .

In de praktijk blijkt dat de geluidssterkte p niet een geschikte grootheid is om aan te geven hoe hard geluid door het menselijk gehoor wordt ervaren. Het menselijk gehoor en de hersenen verwerken geluidssignalen namelijk logaritmisch. Daarom wordt in de praktijk niet de geluidsdruk p als grootheid van geluid gebruikt, maar het geluidsdruk-niveau L_p met als eenheid decibel (dB). Het geluidsdruk-niveau wordt op de volgende manier gedefinieerd:

$$L_p = 10 \log(p^2 / p_o^2)$$

waarin:

L_p : het geluidsdruk-niveau (dB);

p : de geluidsdruk (Pa);

p_o : de referentiedruk, vastgesteld op 20 μPa.

Ter verduidelijking van de grootheid L_p is in tabel 1 het geluidsniveau (dB) met de bijbehorende geluidssterkte (μPa) gezet. Uit deze tabel blijkt dat de grootheid L_p een veel praktischer manier is om iets te zeggen over de grootte van geluid: de getalswaarden lopen niet zo ver uiteen als bij de geluidsdruk. Ook is in de tabel een beschrijving gegeven van de geluiden die karakteriserend zijn voor een bepaald geluidsniveau of geluidssterkte.

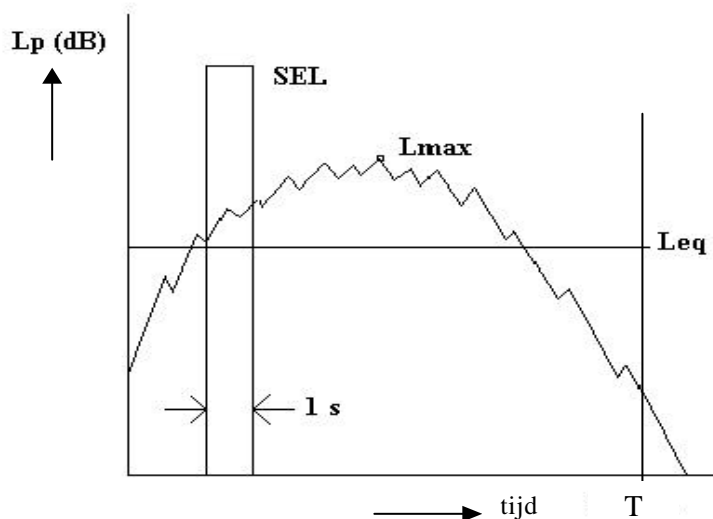
L_p (dB)	p (μPa)	Karakteriserend geluid
0	20	absolute stilte
10		blader geritsel
20	200	zacht gefluister
30		‘s nachts buiten in een rustige woonwijk
40	2000	rustige woonwijk overdag
50		normale woonwijk overdag
60	20000	ritselen van een krant
70		Kantoor
80	200000	vlakbij een drukke weg
90		zware vrachtwagen
100	2000000	helikopter op 30 meter hoogte
110		pneumatische boor
120	20000000	Discotheek
130		opstijgend straalvliegtuig
140	200000000	Pijngrens

Tabel 1: Geluidsniveaus met karakteriserende geluiden

Omdat het menselijk gehoor geluid van lage en hoge frequenties minder goed waarneemt, wordt er op het gemeten geluid een correctie aangebracht om de sterkte van het geluid in overeenstemming te brengen met de menselijke waarneming. Geluid waarop een dergelijke correctie, de zogeheten A-correctie, is toegepast wordt wel voorzien van een 'A' (dB(A) i.p.v. dB).

Niet alleen het geluidsniveau is van belang voor de mate van geluidsoverlast maar ook de tijd dat het geluid aanhoudt. Zo zal in het algemeen een geluidsniveau van 80 dB dat vier uur duurt voor meer geluidsoverlast zorgen dan een geluidsniveau van 80 dB dat een kwartier duurt. Om tot een goede bepaling van de mate van geluidsoverlast te komen moet dus zowel het geluidsniveau als de tijdsduur gemeten worden en aan elkaar worden gerelateerd.

Tijdens de metingen van dit onderzoek werden drie waarden gemeten die het geluidsniveau en de duur van dat geluidsniveau bepalen: het L_{eq} , het SEL en de L_{max} . In figuur 1 worden deze waarden grafisch verduidelijkt. De figuur geeft, enigszins gestileerd, het verloop van het geluidsniveau L_p tengevolge van een passerende trein. Tijdens de passage is er sprake van een voortdurend variërend geluidsdrukkniveau L_p . Het maximum dat wordt bereikt binnen een periode met duur T is L_{max} . Gemiddeld heeft het geluid in deze periode een niveau L_{eq} . De totale hoeveelheid geluid is de geluidsdosis SEL, die overeen komt met het de totale hoeveelheid geluid tijdens de hele passage, samengebald in een seconde. Het oppervlak onder alle drie grafieken binnen de tijd T is gelijk en komt overeen met de totale geluidsenergie binnen deze tijd.



figuur 1: Grafische afbeelding van L_{eq} , SEL en L_{max} .

- L_{max} staat voor het maximale geluidsdrukkniveau dat tijdens de treinpassage optreedt. Deze waarde is van belang omdat als de meetlocatie een emplacement betreft, het maximaal optredende geluidsniveau deel uitmaakt van de wettelijke (akoestische) beoordeling. Dit in tegenstelling tot een doorlopend spoor waar alleen de gemiddelde geluidsbelasting over een langere periode, het L_{eq} , van belang is.

- Het L_{eq} staat voor 'continu equivalent geluidsdrukkniveau' en heeft dezelfde hoeveelheid energie als een geluid met een variërend geluidsdrukkniveau L_p over een bepaalde tijdsduur T . Het voordeel van het gebruik van het L_{eq} is dat in plaats van veel variërende waarden er nu één waarde is die representatief is voor al die variërende waarden. De geluidsmeter registreert alle variërende geluidsdruk-niveaus en bepaalt daarvan de gemiddelde waarde, oftewel het bijpassende equivalente niveau.
- Het SEL staat voor Sound Exposure Level of de geluidsdosis: de totale hoeveelheid geluid van een gebeurtenis. Deze wordt gedefinieerd als het constante geluidsniveau dat gedurende één seconde dezelfde akoestische energie heeft als het oorspronkelijke geluid. Deze waarde wordt vaak gebruikt voor het meten van een eenmalige gebeurtenis omdat de geluidsdosis van een bepaalde gebeurtenis gemakkelijker kan worden vergeleken met de geluidsdosis van een andere gebeurtenis. De L_{eq} 's van verschillende gebeurtenissen kunnen niet altijd direct met elkaar worden vergeleken omdat het L_{eq} afhankelijk is van de tijdsduur van de gebeurtenis, terwijl het SEL onafhankelijk is van de tijdsduur van een gebeurtenis.

Het verband tussen het L_{eq} en het SEL bij een tijdsduur T is: $L_{eq} = SEL - 10 \log T$

Hierin is T de tijd waarover het L_{eq} en het SEL zijn gemeten (in seconden).

Uit dit verband is af te leiden dat als het SEL en het L_{eq} van een meting zijn bepaald, de tijdsduur T van de meting gemakkelijk te bepalen is.

3 UITVOERING METINGEN

3.1 Meetapparatuur

De volgende apparaten zijn gebruikt tijdens de metingen:

- geluidsmeter Bruël & Kjær type 2230
- DAT-recorder Tascam type DA-P1
- ijkbron Bruël & Kjær type 4230

3.2 Meettijd

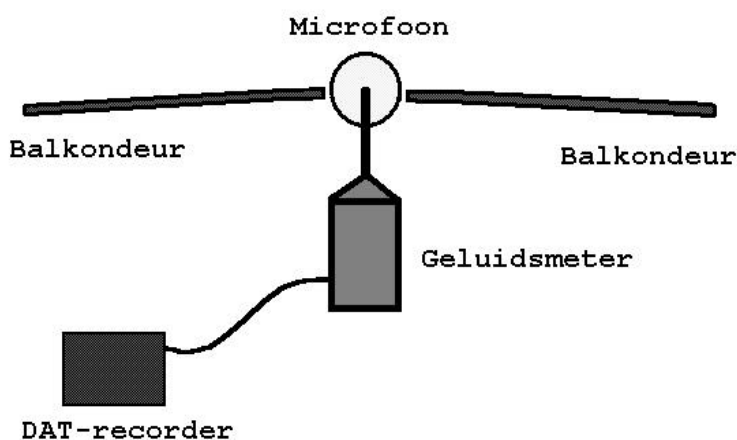
Er is op twee dagen gemeten. De eerste meting vond plaats op donderdag 4 mei van 18:21 uur tot 21:15 uur. De tweede meting was op woensdagavond 10 mei van 18:00 tot 21:40. De meetsessies duurden dus respectievelijk 2 uur en 54 minuten, en 3 uur en 40 minuten wat een totale meettijd oplevert van 6 uur en 34 minuten.

De keuze om op deze tijden te meten is voornamelijk omdat de onderzoekers van zoveel mogelijk verschillende treintypen geluidsmetingen wilden hebben. Met name goederentreinen passeren niet regelmatig en het was van te voren bekend dat er meestal rond 19:00 uur een goederentrein passeert. Ook bleek uit de reguliere dienstregeling dat er op een doordeweekse dag rond 21:30 een Duitse trein uit Leer aankomt op het station Groningen. Omdat deze trein maar een enkele keer per dag de meetlocatie passeert, hebben de onderzoekers de tweede meting laten duren tot 21:40.

3.3 Meetlocatie

De geluidsmetingen zijn verricht aan de Lodewijkstraat 15 in Groningen. Dit huis ligt met de voorgevel evenwijdig aan het spoor en heeft aan de voorkant op de eerste verdieping een balkon. Uitgaande van het feit dat de geluidsmetingen moeten worden verricht op het niveau waar de mensen zich op dat moment van de dag het meeste bevinden, bijvoorbeeld 's nachts op slaapkamerniveau en overdag in de woon-/werkomgeving, zijn de metingen op de eerste verdieping van het huis uitgevoerd, omdat deze het werk- en slaapkamerniveau betrof.

De geluidsmeter werd op 1,2 meter hoogte zodanig tussen de balkondeuren opgesteld, dat de microfoon zich zoveel mogelijk in één vlak met de gevel bevond en dat er geen reflectie of afscherming tengevolge van de gevel of deuren optrad (zie figuur 2). Op deze manier hoefde er geen rekening worden gehouden met geluidsweerkaatsing van de gevelwand, ofwel is de gevelcorrectie nul.



figuur 2: de meetopstelling

3.4 Meetmethode

Tijdens de metingen werd gebruik gemaakt van een geluidsmeter en een DAT-recorder. De DAT-recorder werd gebruikt om alle gemeten geluiden vast te leggen, zodat achteraf de waarden desgewenst opnieuw gemeten konden worden; dit bleek evenwel niet nodig te zijn.

Voordat er met meten kon worden aangevangen, werden de geluidsmeter en de DAT-recorder geijkt met behulp van een ijkbron van 93,8 dB. Zodra de geluidsmeter en DAT-recorder op de juiste manier en op de juiste plaats waren geïnstalleerd, kon er worden gemeten en was het wachten op de eerste passerende trein. Bij een naderende trein werd door één persoon de DAT-recorder aangezet, waarop eerst het nummer van de meting werd ingesproken. Na deze mededeling wordt de geluidsmeter ingeschakeld, op nul gesteld (“gereset”) en pas weer uitgeschakeld op het moment dat de SEL-waarde van de meting gedurende ongeveer tien seconden niet meer toeneemt. Daarna worden de waarden van SEL, L_{eq} en L_{max} opgelezen zodat deze worden opgenomen door de DAT-recorder en daarbij genoteerd in een meetrapport (zie appendix C).

Verdere meetgegevens die werden genoteerd in het meetrapport zijn: aankomst of vertrek; categorie; spoor; aantal wagons; overige opmerkingen.

- Met *aankomst* wordt bedoeld dat een trein naar het station toe rijdt, met *vertrek* dat de trein van het station weg rijdt. De reden dat er onderscheid wordt gemaakt tussen aankomst en vertrek is de veronderstelling dat aankomende treinen gemiddeld gezien een hogere snelheid hebben dan vertrekkende treinen en dit verschil in snelheid van invloed kan zijn op de hoogte van het geluidsniveau.
- Met *categorie* wordt bedoeld dat de passerende treinen in vijf verschillende categorieën worden ingedeeld³. Deze indeling is aan de hand van het Reken- en meetvoorschrift railverkeerslawaaier, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 1987.
- Het *aantal wagons* van elke passerende trein werd genoteerd vanwege de veronderstelling dat langere treinen een hogere geluidsdosis zouden opleveren dan kortere treinen.
- Ook is genoteerd op welk *spoor* de treinen reden. Voor de meetlocatie liggen vijf parallelle sporen die zijn genummerd van één tot vijf waarbij spoor 1 het spoor betrof dat het verst van de onderzoekers aflag en spoor 5 het spoor dat het dichtst bij de onderzoekers lag⁴. De reden voor het noteren van de verschillende sporen is het feit dat het geluidsniveau afneemt met de afstand. Mocht er uit de resultaten blijken dat er verschillen zijn in de gemeten geluidsniveaus, dan kan worden gekeken of dit verschil kan worden verklaart door de afstand en dus door het feit dat er op verschillende sporen treinen passeren.
- Onder *overige opmerkingen* wordt bijvoorbeeld genoteerd of storende omgevingsgeluiden van invloed kunnen zijn op de meting, of dat twee treinen tegelijkertijd passeren, e.d.

Nadat van een treinpassage alle meetwaarden zijn genoteerd wordt de DAT-recorder weer gebruiksklaar gezet voor de volgende meting. Na het verrichten van de metingen werd de geluidsmeter weer geijkt om te kijken of deze nog steeds correct aangeeft.

³ Zie appendix B.

⁴ Zie appendix A.

4 RESULTATEN

4.1 De berekende gemiddelde geluidsdosis per passage (SEL)

De berekende gemiddelde geluidsdosis of SEL van elke treincategorie staat in de onderstaande tabel 2. In deze tabel is allereerst onderscheid gemaakt tussen aankomst en vertrek. Verder is bij elke gemiddelde geluidsdosis bepaald wat de standaarddeviatie⁵ is (dit is een maat voor de spreiding van de afzonderlijke meetwaarden ten opzichte van het gemiddelde) en het aantal passages waaruit de gemiddelde geluidsdosis is berekend. Ook is het gemiddeld aantal wagons per treincategorie opgenomen in de tabel om een beeld te geven van de waargenomen gemiddelde treinlengte.

In de resultaten zijn alle treinpassages meegeteld, rangerend dan wel niet-rangerend. Metingen waarbij twee treinen elkaar passeren zijn niet meegenomen, onder andere omdat een dergelijke meting niet altijd kan worden ingedeeld in JJn bepaalde treincategorie.

Aankomst						
Categorie	sub-categorie	Omschrijving	Gemiddelde geluidsdosis per passage SEL in dB(A)	Standaard deviatie in dB(A)	Aantal passages	Gemiddeld aantal wagons per passage
1		Hondekop (elektrisch)	90,7	3,9	8	2,9
2		Koploper	93,9	3,4	25	5,8
3		Wadloper	88,4	1,3	7	2,0
4		Goederentrein	98,7	-	1	2,7
5		Diesel overig	88,3	1,3	10	2,6
	5a	Hondekop (diesel)	88,2	1,3	8	2,8
	5b	Duitse trein	89,4	-	1	3
	5c	ACTS-locomotief	87,0	-	1	1
Vertrek						
1		Hondekop (elektrisch)	88,5	2,3	10	3,0
2		Koploper	88,7	3,9	18	4,5
3		Wadloper	87,2	1,4	5	2,6
4		Goederentrein	98,6	2,7	2	2,7
5		Diesel overig	87,1	1,1	6	2,5
	5a	Hondekop (diesel)	86,8	0,9	5	2,8
	5b	Duitse trein	-	-	-	-
	5c	ACTS-locomotief	88,5	-	1	1

Tabel 2: gemiddelde geluidsdoses (SEL) per passage per treincategorie

De gemiddelde geluidsdosis voor alle arriverende treinen bedraagt 92,5 dB(A). Voor alle vertrekkende treinen bedraagt de gemiddelde geluidsdosis 89,9 dB(A). Het verschil tussen beide bedraagt 2,6 dB(A). Mogelijk wordt dit verschil veroorzaakt doordat vertrekkende treinen rustiger (langzamer) lijken te rijden dan aankomende.

⁵ standaarddeviaties betrokken op afzonderlijke SEL-waarden

Invloed van rangeerbewegingen

Wat in tabel 2 opvalt is dat de spreiding van de meetwaarden (de standaarddeviatie) bij categorie 1 en 2 aan de hoge kant is en bij categorie 3 en 5 aan de lage kant. Over categorie 4 valt weinig te zeggen vanwege het geringe aantal metingen.

Redenen voor dit verschil in spreiding kunnen liggen in het feit dat de meetlocatie een emplacement betreft waarop ook wordt gerangeerd. Met name de treinen die vallen onder categorie 1 en 2 worden regelmatig gerangeerd terwijl de treinen die vallen onder categorie 3 en 5 veel minder worden gerangeerd. Tijdens de metingen is het een aantal keren voorgevallen dat een trein van categorie 3 werd gerangeerd, maar dat deze ruim voor onze meetlocatie stopte om vervolgens terug te rijden naar het station. De treinen van categorie 1 en 2 passeerden zonder uitzondering bij het rangeren de meetlocatie.

De reden waarom rangeerbewegingen een verklaring kunnen zijn voor het verschil in de spreiding van de meetwaarden is de waarneming dat rangerende treinen gemiddeld langzamer lijken te rijden dan niet-rangerende treinen. Zoals hierboven (paragraaf 3.4) al is besproken, denken de onderzoekers dat de snelheid van treinen van invloed is op de hoogte van het geluidsniveau en daarmee van invloed op de geluidsdosis. Om te kunnen nagaan of rangeerbewegingen daadwerkelijk de reden zijn voor het verschil in de spreiding is opnieuw de gemiddelde geluidsdosis en de bijbehorende standaarddeviatie uitgerekend voor passages waarbij wel en niet werd gerangeerd. Daarbij is alleen gekeken naar categorie 1 en 2 omdat van die categorieën de meeste metingen zijn verricht. Ook is alleen gekeken naar treinen die aankomen op het station omdat er bij vertrekkende treinen niet of nauwelijks verschil bleek te zijn in rangerende en niet-rangerende treinen. Een verklaring voor dat laatste kan zijn dat vertrekkende doorgaande treinen even hard rijden als vertrekkende treinen die alleen rangeren. Het resultaat is te zien in tabel 3.

Aankomst				
Categorie	Omschrijving	Opmerking	Gemiddeld SEL in dB(A)	Standaarddeviatie in dB(A)
1	Hondekop (elektrisch)	Totaal	90,7	3,9
		- rangeren	87,4	3,5
		- niet-rangeren	92,5	2,1
2	Koploper	Totaal	93,9	3,4
		- rangeren	90,4	2,2
		- niet-rangeren	94,5	3,3

Tabel 3: geluidsdosis van niet- en wel rangerende, aankomende treinen

Uit tabel 3 blijkt dat er een gemiddeld een verschil van 5,1 dB(A) zit tussen wel of niet rangeren bij treinen vallend onder categorie 1 en een verschil van 4,1 dB(A) bij treinen van categorie 2: rangerende treinen veroorzaken, vermoedelijk door hun lagere snelheid, een lager geluidsniveau. Hierbij moet worden opgemerkt dat de standaarddeviaties van de gemiddelde geluidsdoses voor zowel wel- als niet-rangerende treinen toch nog relatief hoog blijven. Een verklaring hiervoor is dat de resultaten voor deze deelcategorieën gebaseerd zijn op relatief weinig gegevens.

Invloed van de treinlengte

Verder is onderzocht wat de invloed is van de lengte van de treinen op de hoogte van de geluidsdosis. Hiervoor zijn alleen treinen bekeken van categorie 2, 'de Koploper', omdat daar de meeste gegevens over zijn in dit onderzoek. Verder zijn alleen die treinen bekeken die op spoor 4 reden. Op deze manier is er sprake van dezelfde categorie trein op hetzelfde spoor. Verschillen die nu optreden in de hoogte van de geluidsdosis zijn, naast mogelijke verschillen in snelheid (o.a. bij aankomst of vertrek), vooral te verklaren door het verschil in treinlengte.

Om dit te onderzoeken wordt de geluidsdosis per 'eenheid treinlengte', dat wil zeggen: per wagon, beschouwd van alleen de Koplopers op spoor 4. De geluidsenergie wordt dus gemiddeld over het aantal wagons N ; omdat de geluidsdosis SEL een logaritmische grootheid is, moet dan de geluidsdosis worden verminderd met een hoeveelheid $10 \log N$. In tabel 4 hieronder staat het resultaat gegeven.

Aankomst/vertrek op spoor 4				
Categorie	Omschrijving	Opmerking	SEL gemiddeld per wagon in dB(A)	Standaarddeviatie in dB(A)
2	Koploper	Totaal	86,9	1,3
		- aankomst	87,3	0,8
		- vertrek	85,8	1,3
		- rangeren	85,3	1,7

Tabel 4: geluidsdosis SEL per wagon van koplopers op spoor 4

Uit tabel 4 blijkt dat dezelfde soort trein op hetzelfde spoor bij aankomst per wagon 1,1 tot 1,6 dB meer geluid produceert dan bij vertrek en bij rangeren, welke laatste bewegingen onderling slechts weinig verschillen (0,5 dB).

Invloed van de afstand tot het spoor

Ook is gekeken naar de invloed van de afstand van het spoor op de hoogte van de geluidsdosis. Om dit te onderzoeken moet er sprake zijn van dezelfde (categorie) treinen van dezelfde treinlengte die op verschillende sporen rijden. Hiervoor zijn een beperkt aantal meetresultaten bruikbaar: er zijn vijf metingen van arriverende Koplopers met drie wagons die allen op spoor 2 reden. Deze metingen geven een geluidsdosis SEL van gemiddeld 86,9 dB(A) met een standaarddeviatie 1,4 dB(A). Verder zijn er vier metingen gedaan aan arriverende Koplopers op spoor 4 met zes wagons. Dit geeft een SEL waarde 95,2 dB(A), met een standaarddeviatie van 0,9 dB(A). Bij de vertrekkende Koplopers reden er vijf op spoor 3 met drie wagons. Hier is de SEL waarde 84,5 dB(A), met een standaarddeviatie van 1,1 dB(A). Het valt op dat de standaarddeviaties nu een stuk lager zijn. De invloed van het spoor is blijkbaar vrij groot.

Concluderend kan men zeggen dat de reden dat de spreiding van de meetwaarden relatief groot is bij categorie 1 en 2 en laag bij categorie 3 en 5, in het feit ligt dat treinen van de eerste twee categorieën steeds op verschillende sporen rijden en veel variatie hebben in de lengte, terwijl treinen van categorie 3 en 5 steeds op hetzelfde spoor rijden (spoor 5) en steeds dezelfde lengte hebben.

Voor de treinen van categorie 3 en 5 is er bij elke passage dus steeds sprake van min of meer dezelfde situatie terwijl voor treinen uit categorie 1 en 2 er bij elke passage sprake is van steeds verschillende situaties.

4.2 Bepaling van het equivalente geluidsniveau L_{eq}

Het L_{eq} tijdens de meetperioden

Op basis van de meetgegevens kan een L_{eq} berekend worden over de gemeten perioden. Het L_{eq} over een periode van tijdsduur T wordt bepaald uit de som van alle in die periode gemeten SEL-waarden:

$$L_{eq} = \Sigma SEL - 10 \log T$$

Hierin is T de tijd in seconden en ΣSEL de energetische som van alle geluidsdoses SEL in de betreffende meetperiode.

De eerste meetperiode was op 4 mei 2000 van 18:21 tot 21:15 (= 10440 seconden).

Voor alle treinpassages tezamen in deze periode geldt: $\Sigma SEL = 107,1 \text{ dB(A)}$. Dat geeft voor deze periode een L_{eq} van: $L_{eq} = 107,1 - 10 \log 10440 = 66,9 \text{ dB(A)}$.

De tweede meetperiode was op 10 mei 2000 van 18:00 tot 21:40 (= 13200 seconden). Het ΣSEL voor deze meetperiode bedraagt $109,3 \text{ dB(A)}$. Dat geeft voor deze periode een L_{eq} van $68,1 \text{ dB(A)}$.

De totale L_{eq} over beide meetperioden samen (6 uur 34 minuten) bedraagt $67,8 \text{ dB(A)}$.

Omdat de dag wordt opgedeeld in een dagperiode van 7:00 tot 19:00, een avondperiode van 19:00 tot 23:00 en een nachtperiode van 23:00 tot 7:00, vallen de twee meetperioden elk voor een gedeelte in de dagperiode en in de avondperiode. Het verschil tussen de dagperiode en de avondperiode is dat er, bij de beoordeling van de geluidsbelasting, 5 dB bij het L_{eq} van de avondperiode moet worden opgeteld. Het resultaat staat in de onderstaande tabel 5.

	L_{eq} in dB(A)		
	Totale meetperiode	binnen dagperiode (7:00 – 19:00 uur)	binnen avondperiode (19:00 – 23:00 uur)
donderdag 4 mei, 18:21 – 21:15 uur	66,9	65,1	67,7
woensdag 10 mei, 18:00 – 21:40 uur	68,1	64,8	68,9
donderdag + woensdag	67,8	64,9	68,4

Tabel 5: berekende L_{eq} per etmaalperiode (zonder avondtoeslag van 5 dB)

Het L_{eq} volgens het spoorboekje

Aan de hand van de berekende gemiddelde geluidsdoses kan met behulp van het spoorboekje de geluidsbelasting worden berekend tengevolge van reizigerstreinen in een willekeurige periode, bijvoorbeeld een uur op het midden van een werkdag.

Het resultaat is te zien in tabel 6: er wordt een L_{eq} berekend van $64,3 \text{ dB}$. De gebruikte gemiddelde geluidsdoses gebaseerd zijn op de metingen van 4 en 10 mei. Omdat deze geluidsdoses, zoals eerder al genoemd afhankelijk zijn van de lengte van de treinen wordt bij dit voorbeeld de aanname gemaakt dat de lengte van de treinen op het tijdstip van het voorbeeld overeenkomt met de lengte die tijdens de metingen is vastgesteld. Dit hoeft niet voor elk tijdstip het geval te zijn.

In de berekeningen in tabel 6 zijn geen goederentreinen of rangeerbewegingen meegenomen omdat van de aantallen bewegingen daarvan geen gegevens verkrijgbaar waren.

Vertrek (alleen reizigerstreinen)			
Tijdstip	Treintype	categorie	Gemiddeld SEL in dB(A)
12:18	Koploper	2	89,94
12:21	Wadloper	3	87,19
12:38	Koploper	2	89,94
12:57	Hondekop (elektrisch)	1	88,55
12:58	Hondekop (diesel)	5	86,81
Aankomst (alleen reizigerstreinen)			
12:11	Wadloper	3	88,42
12:15	Koploper	2	92,48
12:31	Hondekop (elektrisch)	1	90,66
12:33	Hondekop (diesel)	5	88,25
12:54	Koploper	2	92,48
		SEL totaal = 99,9 dB(A)	
		$L_{eq} = 99,9 - 10 \log(3600) = 64,3 \text{ dB(A)}$	

Tabel 6: berekening L_{eq} voor JJn dienstregelingssuur

Om een idee te krijgen van de invloed van een passerende goederentrein op de hoogte van het L_{eq} , kan gesimuleerd worden dat er tijdens het uur één goederentrein vertrekt. Deze produceert (volgens tabel 2) 98,6 dB(A). Het L_{eq} zal dan op 66,7 dB(A) uitkomen. De waarde van het L_{eq} neemt daardoor derhalve met 2,4 dB(A) toe.

4.3 Het maximale geluidsniveau L_{max}

Het maximale geluidsniveau L_{max} per treinpassage is vermeld bij de meetgegevens (appendix D). Het maximale geluidsniveau dat tijdens de metingen op 4 mei werd gemeten bedroeg 87,3 dB(A). Tijdens de metingen op 10 mei werd een maximaal geluidsniveau van 88,5 dB(A) bepaald. Het laagst voorkomende L_{max} tijdens de metingen bedroeg 74,2 dB(A).

Van alle treinpassages blijkt de helft (49%) een maximaal geluidsniveau L_{max} van 80 tot 85 dB(A) te veroorzaken. Iets meer dan een kwart (29%) komt hoger, iets minder dan een kwart (22%) lager.

5 CONCLUSIES

De in het onderzoek bepaalde L_{eq} -waarden staan samengevat in tabel 7 hieronder.

Uit de tabel blijkt dat de resultaten op de twee gemeten dagen goed met elkaar overeen komen. Dat zou kunnen betekenen dat deze waarden representatief zijn voor alle dag- en avondperioden. Om dat met meer zekerheid te zeggen zouden er meer metingen verricht moeten worden.

Passen we de gemeten geluidsniveaus per passage toe op alleen de reizigerstreinen die volgens dienstregeling op een gemiddeld werkdaguur aankomen en vertrekken, dan komt dit vrijwel overeen met wat tijdens de metingen in de dagperiode werd gevonden. Met **JJn** goederentrein daaraan toegevoegd stijgt het L_{eq} met 3 dB en worden de in de avondperiode gemeten L_{eq} -waarden benaderd.

	L_{eq} in dB(A)			
	Meet- periode	Dagperiode (7:00–19:00 uur)	Avondperiode (19:00–23:00uur)	Avondperiode incl. avondtoeslag
Gemeten:				
- 4 mei	67	65	68	73
- 10 mei	68	65	69	74
- totaal	68	65	68	73
Berekend werkdaguur:				
- alleen reizigerstreinen volgens dienstregeling		64	64	69
- idem + 1 goederentrein		67	67	72

Tabel 7: berekende waarden van het L_{eq} op basis van de uitgevoerde metingen.

Uit de in dit onderzoek bepaalde waarden kan geconcludeerd kan worden dat de geluidsbelasting aan de Lodewijkstraat hoog is en dat een nader onderzoek zeker nuttig is.

6 REFERENTIES

1. Het meten van geluid, Brüel & Kjær, september 1985.
2. Reken- en meetvoorschrift railverkeerslawaaier, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 1987.

Dankwoord

Graag willen wij enkele personen bedanken voor hun medewerking bij dit onderzoek. Als eerste de heer Vis voor het beschikbaar stellen van zijn huis voor het verrichten van de metingen en voor het zorgen voor de primaire levensbehoeften: chips en cola. Verder de heer van den Berg voor het uitleggen van alle benodigde theorie en voor het begeleiden van het onderzoek. Als laatste willen wij onze begeleider Jur de Vries bedanken voor zijn hulp bij het onderzoek en voor zijn functie als waakhond.

APPENDICES

A: Plattegrond van de meetplaats en de omgeving

B: De verschillende treincategorieën

C: Het gebruikte meetrapport

D: De meetgegevens

Appendix A: Plattegrond van de meetplaats en de omgeving

Appendix B: De verschillende treincategorieën

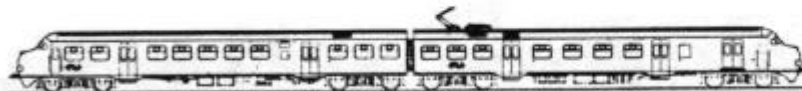
De verschillende treintypen zijn ingedeeld in vijf categorieën, analoog aan de indeling van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

Categorie 1

De elektrische treinstellen materieel '54 en materieel '64, of 'Hondekop'



materieel '54, 4 eenheden



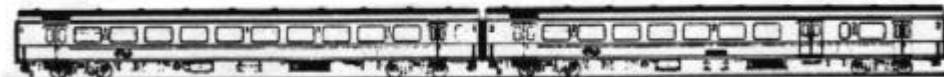
materieel '64, 2 eenheden

Categorie 2

Het intercitymaterieel, 'de Koploper', van de typen IC-III en ICR.



IC. III (IC - 0), 1 eenheid



ICR, 2 eenheden

Categorie 3

De wadloper



diesel-hydraulisch materieel, 2 eenheden

Categorie 4

Alle typen goederenwagens.



enkele voorbeelden van typen goederenwagens, 9 eenheden

Categorie 5

Hieronder vallen de dieseltreinen, uitgesplitst in 3 groepen:

A De diesel uitvoering van 'de Hondkop', type DE-III

B De Duitse trein uit Leer (geen plaatje)

C ACTS-locomotief.

Appendix C: Het gebruikte meetrapport

nr	A/V	Categorie	Wagons	Spoor	SEL	L _{eq}	L _{max}
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

nr	DAT stand	Opmerkingen
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		

Appendix D: De meetgegevens

De metingen zijn op twee dagen gehouden: donderdag 4 mei van 18:21 tot 21:15 uur, en woensdag 10 mei van 18:00 tot 21:40 uur.

Toelichting bij de tabel:

Kolom 1: nr. = volgnummer meting, metingen met een sterretje (*) zijn niet meegenomen in de resultaten.

Kolom 2: A/V = Aankomst of Vertrek van het station, d.w.z. rijden naar of vanaf station Groningen

Kolom 3: categorie = treinen zijn ingedeeld in 5 categorieën (zie appendix B).

Kolom 4: wagons = aantal wagons van passerende trein

Kolom 5: spoor = aanduiding van spoor waarop treinen passeert. Het verst verwijderd spoor is nr. 1, het meest nabije nr. 5. Wanneer een trein van spoor wisselde, werd dat aangegeven met het teken '>'.

Kolom 6: SEL = Sound Exposure Level = totale hoeveelheid geluid of geluidsdosis van treinpassage in dB(A).

Kolom 7: L_{eq} = equivalent geluidsniveau over tijdsduur van passage in dB(A)

Kolom 8: L_{max} = maximale geluidsniveau tijdens een passage in dB(A)

Kolom 9: Opmerkingen = bijzonderheden tijdens de meting. De dikgedrukte cijfers rechts geven de tijd weer.

Donderdag 4 Mei 2000

nr.	A/V	categorie	Wagons	spoor	SEL	Leq	Lmax	Opmerkingen
1*	V	2	7	3	112,2	85,7	107,6	Fout: resetknop vergeten in te drukken 18:21
2*	V	2	6	2				Meting 2&3:
3*	V	1	3	5	92,4	76,7	81,8	Twee treinen na elkaar
4	A	2	3	2	85,2	72,1	80,4	
5	A	2	3	2	88,2	75,7	81,7	
6	A	3	2	5	86,9	76,2	85,1	
7	A	1	4	4	94,4	88,0	81,9	
8	V	2	3	3	85,5	72,8	78,7	Geen DAT opname van gemaakt
9	V	1	4	3	88,4	74,1	81,1	
10	V	3	2	5	87,5	76,1	84,9	
11	A	2	9	4	96,8	81,0	86,9	19:00
12	A	5A	2	5	89,7	76,9	84,7	
13	V	2	3	3	82,4	68,6	75,0	
14	V	2	3	2	88,8	75,4	82,6	Geen DAT opname van gemaakt
15*	V	2	6	3				Meting 15&16:
16*	V	2	3	1	88,0	71,9	79,0	Twee treinen tegelijk
17	A	2	3	2	85,3	72,3	79,4	Zelfde trein als nummer 14
18*	V	5A	3	5				Meting 18&19: twee treinen tegelijk
19*	A	2	3	1	89,9	73,9	81,8	Zelfde trein als nummer 16
20	A	2	12	2	97,4	80,7	86,4	
21	A	3	2	5	87,8	75,8	85,2	Metingen 21, 22, 23 zijn van dezelfde trein
22	V	3	2	5	86,6	75,2	84,1	
23	A	3	2	5	88,7	77,6	84,4	
24*	V	1	4	3				Meting 24&25: twee treinen tegelijk
25*	V	2	3	4	92,0	78,4	84,9	
26	A	2	4	3	92,9	80,2	85,7	

Nr.	A/V	categorie	Wagons	spoor	SEL	Leq	Lmax	Opmerkingen
27	V	1	4	3	88,5	73,8	80,8	
28	V	2	3	2	88,9	74,0	82,6	Trein rangeert
29	A	2	3	4	92,8	80,3	86,6	
30	A	5A	3	5	89,9	76,3	84,5	
31	A	2	3	2	86,8	73,7	80,4	Zelfde trein als nummer 28
32	V	2	3	3	84,9	70,6	77,8	Trein rangeert
33	A	2	11	4	97,7	82,9	87,3	
34*					59,7	46,5	57,3	Foute meting: trein bleef voor het viaduct staan
35	V	2	7	3	89,1	74,5	80,6	Een auto reed voor het huis langs
36	V	5A	3	5	86,1	72,6	78,8	
37	A	4	27	4	98,7	79,4	84,1	Goederentrein met loc nummer 6403
38	V	2	4	4	89,8	76,4	82,6	Trein rangeert
39	A	3	2	5	87,3	73,7	83,0	
40	A	1	2	4	90,7	77,1	87,2	
41	A	2	4	3	84,6	70,2	77,3	Trein rangeert en is dezelfde als nummer 38
42	V	1	2	2	87,0	74,2	83,2	Trein rangeert en is dezelfde als nummer 40
43*	V	2	7	3				Meting 43&44: twee treinen tegelijk
44*	A	1	2	2	88,1	72,8	79,1	
45	A	2	4	4	91,4	79,2	85,0	Trein rangeert
46	A	2	6	4	95,1	80,7	86,4	
47	A	5A	3	5	87,6	70,7	81,8	

Woensdag 10 Mei 2000

nr.	A/V	categorie	Wagons	Spoor	SEL	Leq	Lmax	Opmerkingen
48	V	1	4	3	87,7	74,7	80,2	18:00
49	V	5A	2	5	86,0	76,5	82,5	
50	A	5A	3	5	88,5	75,0	82,6	
51	A	2	6	4	94,7	80,3	86,0	
52	V	2	8	3	86,8	71,4	77,2	
53	A	5C	1	5>4	87,0	75,0	83,9	Trein reed van spoor 5 naar 4
54	V	5A	3	5	86,2	73,5	78,7	
55	V	2	3	2	87,9	73,8	81,0	Trein rangeert
56	A	2	3	2	88,0	74,4	81,7	Trein rangeert en is dezelfde als nr. 55
57	A	1	4	4	93,4	79,3	86,6	
58	A	5A	2	5	85,8	75,4	83,4	
59	A	2	3	3	83,1	69,5	77,1	
60	V	1	4	3	87,4	72,7	79,2	
61	V	3	2	5	85,1	74,3	82,2	19:00
62	A	5A	3	5	87,7	73,8	82,3	Geen DAT opname van gemaakt
63	A	2	9	4	97,4	80,7	87,6	
64	V	4	32	3	100,1	81,8	86,2	
65	V	5C	1	4>5	88,5	76,1	84,3	Trein reed van spoor 4 naar 5
66	A	2	12	4	97,5	81,1	87,3	
67	A	2	3	3>2	87,9	74,3	80,6	Trein rangeert (geknars)
68	V	2	6	3	86,9	72,5	78,2	
69	V	2	3	2>1	89,7	75,2	88,5	Trein rangeert en remt af (geknars)
70	A	2	3	2				
71	V	2	4	4	91,1	75,1	86,0	Meting 71&72: twee treinen tegelijk
72	V	2	8	3>2	90,2	74,5	81,3	Trein rangeert en remt af
73	A	2	3	1>2				Trein rangeert

Nr.	A/V	categorie	Wagons	spoor	SEL	Leq	Lmax	Opmerkingen
74	A	3	2	5	88,1	72,7	81,2	
75	A	2	8	2	90,9	75,1	84,6	Trein vertrekt vanaf rangeerterrein (geknars)
76	A	1	4	3	88,9	75,6	82,6	
77	A	2	4	4	93,0	79,6	86,9	Trein rangeert en remt af (geknars)
78	V	3	2	5	89,0	78,3	85,6	Trein rangeert
79	V	2	3	3	83,9	68,8	77,7	
80	A	3	2	5>4	87,1	73,5	82,4	Trein rangeert en is dezelfde als nr. 78
81	V	4	22	3	96,1	77,9	82,3	
82	A	2	7	4	94,4	79,1	85,9	Geen DAT opname van gemaakt
83	V	1	2	3	85,8	71,8	79,5	
84	V	1	2	3>2	88,0	73,6	81,5	Trein rangeert en remt af (geknars)
85	A	1	2	2	83,1	68,1	76,2	Zelfde trein als nr. 84 (geknars)
86	A	5A	3	5	86,9	68,4	80,2	Meter staat te lang aan
87	A	2	11	4	96,7	79,1	87,1	Meter staat te lang aan
88	A	3	2	5>4	88,2	74,3	84,7	
89	V	2	7	3	85,0	68,1	74,2	
90	V	2	7	4	94,3	78,5	85,3	(geknars)
91	V	5A	3	5	87,9	73,3	80,2	
92	V	2	4	2	84,0	69,0	75,9	Trein remt af
93	A	2	7	4				
94	A	2	4	2	96,2	78,3	87,4	Zelfde trein als nr. 92, vanuit stilstand (geknars)
95*	A	1	2	4	92,5	76,4	87,2	Foute meting: brommer reed langs
96	V	1	3	3>2	88,5	73,2	84,9	(geknars)
97	A	1	3	2	84,7	70,8	79,9	Zelfde trein als nr. 96 (geknars)
98	V	3	5	3	86,8	70,4	79,3	Trein rangeert, meter staat te lang aan
99	V	2	7	4	93,2	76,2	84,5	(geknars)
100	A	2	6	4	96,5	78,9	88,1	Meter staat te lang aan (geknars)
101	A	3	2	4	91,2	73,9	87,3	Meter staat te lang aan, trein rangeert van remise
102	V	2	3	3>2	86,6	70,5	79,2	Trein rangeert en remt af (geknars)
103	A	5A	3	5	88,4	70,4	82,5	Meter staat te lang aan
104	A	2	6	4	95,9	79,0	87,5	(geknars)
105	V	2	3	3	85,3	70,8	78,3	(beetje geknars)
106	A	2	3	2>3	88,2	73,8	82,5	Zelfde trein als nr. 103 (geknars en gepiep)
107	V	5A	3	5	87,5	73,5	80,7	Zelfde trein als nr. 104
108	A	1	2	4	91,5	73,1	86,5	Meter staat te lang aan (geknars)
109	V	1	2	2	88,2	72,8	81,8	Zelfde trein als nr. 109 en remt af (geknars)
110	A	1	2	2	87,0	73,8	80,8	Zelfde trein als nr. 111 (geknars)
111	A	5B	3	5	89,4	74,3	85,3	